

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-144050

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/304

(21)Application number : 11-323993

(71)Applicant : HITACHI CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 15.11.1999

(72)Inventor : KAMIGATA YASUO
KURATA YASUSHI
UCHIDA TAKESHI
TERASAKI HIROKI
IGARASHI AKIKO**(54) POLISHING METHOD****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for polishing a copper layer or a copper alloy layer which can suppress dishing and erosion and can form the flush pattern of the metal film with high reliability.

SOLUTION: In a polishing method, a board having a layered metal film with surface unevenness is pressed against a polishing cloth stuck to a support base and, in that state, the board and the support base are moved relatively to each other while a polishing fluid is supplied to the polishing cloth to level the surface unevenness. The 1st layer of the layered metal film is polished with the polishing fluid which does not contain solid abrasive grains, and polished with a high load in the initial stage of the polishing. The polishing load is gradually reduced in accordance with the progress of the polishing.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-144050

(P2001-144050A)

(43) 公開日 平成13年5月25日 (2001. 5. 25)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/304

識別記号

6 2 2

F I

H 0 1 L 21/304

テマコード* (参考)

6 2 2 C

6 2 2 K

6 2 2 X

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平11-323993

(22) 出願日

平成11年11月15日 (1999. 11. 15)

(71) 出願人 000004455

日立化成工業株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72) 発明者 上方 康雄

茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式
会社総合研究所内

(72) 発明者 倉田 靖

茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式
会社総合研究所内

(74) 代理人 100071559

弁理士 若林 邦彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨方法

(57) 【要約】

【課題】 銅或いは銅合金の研磨において、ディッシング、エロージョンの発生を抑制し、信頼性の高い金属膜の埋め込みパターン形成を可能とする研磨方法を提供する。

【解決手段】 表面に凹凸の有る金属積層膜を有する基板を支持基体に貼り付けた研磨布に押し付け、研磨布上に研磨液を供給しながら前記基板と前記支持基体とを相対的に動かすことにより、前記金属積層膜を研磨し表面の凹凸を平坦化する研磨方法において、前記金属積層膜の1層目の研磨を前記研磨液に固体砥粒を含まない研磨液を使用し、研磨の初期において高荷重で研磨を行い、研磨の進行に従い研磨圧力を低下させる研磨方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面に凹凸の有る金属積層膜を有する基板を支持基体に貼り付けた研磨布に押し付け、研磨布上に研磨液を供給しながら前記基板と前記支持基体とを相対的に動かすことにより、前記金属積層膜を研磨し表面の凹凸を平坦化する研磨方法において、前記金属積層膜の 1 層目の研磨を前記研磨液に固体砥粒を含まない研磨液を使用し、研磨の初期において高荷重で研磨を行い、研磨の進行に従い研磨圧力を低下させることを特徴とする研磨方法。

【請求項 2】 前記金属積層膜の 1 層目が銅或いは銅合金であることを特徴とする請求項 1 に記載の研磨方法。

【請求項 3】 研磨圧力は初期においては 19.6～49 KPa で行い、研磨が進行し金属積層膜の 1 層目の残膜量が 100 nm 以下になった時点で 9.8～19.6 KPa で研磨を行う請求項 1 または請求項 2 に記載の研磨方法。

【請求項 4】 前記固体砥粒を含まない研磨液が、過酸化水素、リンゴ酸、ペンゾトリアゾール、ポリアクリル酸及び水を含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスの配線形成工程に用いられる研磨方法に関連し、特に埋め込み配線の形成工程において使用される研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路（以下 LSI と記す）の高集積化、高性能化に伴って新たな微細加工技術が開発されている。化学機械研磨（以下 CMP と記す）法もその一つであり、LSI 製造工程、特に多層配線形成工程における層間絶縁膜の平坦化、金属プラグ形成、埋め込み配線形成において頻繁に利用される技術である。この技術は、例えば米国特許第 4944836 号に開示されている。

【0003】また、最近では LSI を高性能化するために、配線材料として銅合金の利用が試みられている。しかし、銅合金は従来のアルミニウム合金配線の形成で頻繁に用いられたドライエッチング法による微細加工が困難である。そこで、あらかじめ溝を形成してある絶縁膜上に銅合金薄膜を堆積して埋め込み、溝部以外の銅合金薄膜を CMP により除去して埋め込み配線を形成する、いわゆるダマシン法が主に採用されている。この技術は、例えば特開平 2-278822 号公報に開示されている。

【0004】金属の CMP の一般的な方法は、円形の支持基体（プラテン）上に研磨布（パッド）を貼り付け、研磨布表面を金属用研磨液で浸し、基板の金属膜を形成した面を押し付けて、その裏面から所定の圧力（以下研

磨圧力と記す）を加えた状態で支持基体を回し、研磨液と金属膜の凸部との機械的摩擦によって凸部の金属膜を除去するものである。

【0005】CMP に用いられる金属用研磨液は、一般には酸化剤及び固体砥粒からなっており必要に応じてさらに酸化金属溶解剤、保護膜形成剤が添加される。まず酸化によって金属膜表面を酸化し、その酸化層を固体砥粒によって削り取るのが基本的なメカニズムと考えられている。凹部の金属表面の酸化層は研磨パッドにあまり触れず、固体砥粒による削り取りの効果が及ばないので、CMP の進行とともに凸部の金属層が除去されて基体表面は平坦化される。この詳細についてはジャーナル・オブ・エレクトロケミカルソサエティ誌（Journal of Electrochemical Society）の第 138 巻 11 号（1991 年発行）の 3460～3464 頁に開示されている。

【0006】CMP による研磨速度を高める方法として酸化金属溶解剤を添加することが有効とされている。固体砥粒によって削り取られた金属酸化物の粒を研磨液に溶解させてしまうと固体砥粒による削り取りの効果が増すためであると解釈できる。但し、凹部の金属膜表面の酸化層も溶解（以下エッチングと記す）されて金属膜表面が露出すると、酸化剤によって金属膜表面がさらに酸化され、これが繰り返されると凹部の金属膜のエッチングが進行してしまい、平坦化効果が損なわれることが懸念される。これを防ぐためにさらに保護膜形成剤が添加される。酸化金属溶解剤と保護膜形成剤の効果のバランスを取ることが重要であり、凹部の金属膜表面の酸化層はあまりエッチングされず、削り取られた酸化層の粒が効率良く溶解され CMP による研磨速度が大きいことが望ましい。

【0007】このように酸化金属溶解剤と保護膜形成剤を添加して化学反応の効果を加えることにより、CMP 速度（CMP による研磨速度）が向上すると共に、CMP される金属層表面の損傷（ダメージ）も低減される効果が得られる。

【0008】一方、配線の銅或いは銅合金等の下層には、層間絶縁膜中への銅拡散防止のためにバリア層として、チタンやチタン合金及び窒化チタン等のチタン化合物、タンタルやタンタル合金及び窒化タンタル等のタンタル化合物等が形成される。これらの材料は導体であるため、銅或いは銅合金を埋め込む配線部分以外では、露出したバリア層を CMP により取り除く必要がある。しかし、これらのバリア層は、銅或いは銅合金に比べ硬度が高いために、銅或いは銅合金用の研磨材料の組み合わせでは十分な CMP 速度が得られない場合が多い。そこで、銅或いは銅合金を研磨する第 1 工程と、バリア層を研磨する第 2 工程からなる 2 段階研磨方法が検討されている。またバリア層材料は銅或いは銅合金に比べて抵抗率が大きいいため、なるべく薄く形成することが求められて

おり、一般的にその膜厚は50nm以下とされている。

【0009】銅或いは銅合金を研磨する第1工程と、バリア層を研磨する第2工程からなる2段研磨方法では、被研磨膜の硬度や化学的性質が異なるために、研磨液のpH、固体砥粒及び添加剤等の組成物について、異なる性質のものが検討されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の固体砥粒を含む金属用研磨液を用いて2段研磨によりCMPによる埋め込み配線形成を行う場合には、銅或いは銅合金用の研磨液を用いて銅或いは銅合金層を研磨した後、バリア層用の研磨液を用いてバリア層の研磨を行い下地絶縁膜が露出するまで研磨を行う。金属積層膜の最上層に形成された銅或いは銅合金は、膜形成時の不均一性および研磨速度の不均一性等により、研磨終了時間が同一基板内で異なっている。このため研磨が早く進んだ部分では下地のバリア層も研磨されてバリア層の膜厚が薄くなるという問題があった。第1段目の銅或いは銅合金研磨時にバリア層の薄い部分が生じると、続く第2段目のバリア層の研磨でバリア層の研磨時間に分布が生じ、下地の絶縁膜が研磨される結果として配線膜厚の薄い部分（エロージョン）が発生するという問題があった。また生産性の面から研磨速度が大きいことが要求されるため、一般に研磨圧力を大きくして、研磨速度を大きくして研磨することが行われている。高荷重で研磨すると、研磨速度を向上させることができるが、配線の中央部が過剰に研磨されて凹んでしまう、ディッシングと呼ばれる問題が生じやすい。これは基板と接触する研磨布は樹脂でできているため、荷重により変形するために生じると考えられる。このためディッシングは幅の広い配線部分で生じやすい。本発明は、銅或いは銅合金の研磨において、ディッシング、エロージョンの発生を抑制し、信頼性の高い金属膜の埋め込みパターン形成を可能とする研磨方法を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、表面に凹凸の有る金属積層膜を有する基板を支持基体に貼り付けた研磨布に押し付け、研磨布上に研磨液を供給しながら前記基板と前記支持基体とを相対的に動かすことにより、前記金属積層膜を研磨し表面の凹凸を平坦化する研磨方法において、前記金属積層膜の1層目の研磨を前記研磨液に固体砥粒を含まない研磨液を使用し、研磨の初期において高荷重で研磨を行い、研磨の進行に従い研磨圧力を低下させることを特徴とする研磨方法である。本発明の研磨方法は、金属積層膜の1層目が銅或いは銅合金である場合に有効である。また、本発明の研磨方法は、研磨圧力を初期においては19.6～49KPa（200～500gf/cm²）で行い、研磨が進行し金属積層膜の1層目の残膜量が100nm以下になった時点で9.8～19.6KPa（100～200gf/cm²）で

研磨を行うと好ましい。さらに、本発明の研磨方法は、固体砥粒を含まない研磨液が、過酸化水素、リンゴ酸、ベンゾトリアゾール、ポリアクリル酸及び水を含む研磨液であることが好ましい。本発明では埋め込み配線形成のための研磨方法として、銅或いは銅合金（これらの酸化物を含む）の研磨に、バリア層の研磨速度が非常に小さい固体砥粒を含まない研磨液を使用し、研磨の初期においては高荷重研磨を行い、研磨の進行に伴い研磨圧力を低下させることにより、研磨速度を維持しながらディッシングを抑制した研磨を行うことが可能である。また、固体砥粒を含まない研磨液を使用することにより、研磨速度の面内分布等において、バリアメタルが早く露出した部分でもバリアメタルの研磨が進まないため、基板の面内均一性を向上させることができる。このため引き続いてバリアメタルを研磨した後の均一性が向上し、エロージョン等による配線膜厚の低減を防止することができるため、信頼性が向上させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明においては、表面に凹部を有する絶縁膜を形成した基板上に、Ta（タンタル）、Ti（チタン）、W（タングステン）等の高融点金属膜またはそれらの窒化物膜、続いて銅或いは銅合金膜を形成・充填する。この基板を本発明による研磨方法でCMPすると、基板の凸部の金属膜が選択的にCMPされて、凹部に金属膜が残されて所望の導体パターンが得られる。本発明の研磨方法は、支持基体に貼り付けた研磨布上に前記の研磨液を供給しながら、被研磨膜を有する基板を研磨布に押圧した状態で支持基体と基板を相対的に動かすことによって被研磨膜を研磨する研磨方法である。研磨する装置としては、半導体基板を保持するホルダと研磨布（パッド）を貼り付けた定盤を有する一般的な研磨装置が使用できる。研磨布としては、一般的な不織布、発泡ポリウレタン、多孔質フッ素樹脂などが使用でき、特に制限がない。銅或いは銅合金の研磨には、固体砥粒を含まない研磨液を使用する。ここで固体砥粒を含まない研磨液とは固体砥粒濃度が1重量%未満の研磨液であり、好ましくは0.1重量%未満である。Ta、Ti、W等の高融点金属膜またはそれらの窒化物膜は硬度の大きい材料であるため固体砥粒を含まない研磨液ではほとんど研磨されない。このため銅或いは銅合金の研磨速度に分布があり、銅或いは銅合金の研磨速度の早い部分でバリアメタルが早く露出しても、バリアメタルで研磨が停止するため銅或いは銅合金のみ選択的に研磨することができる。このため均一性を向上させることが可能となる。また、この固体砥粒を含まない研磨液を使用すると、従来の固体砥粒を含む研磨液に比べてディッシング量が少ないことが分かった。さらに被研磨膜を有する半導体基板の研磨布への押し付け圧力（研磨圧力）を低減すればディッシング量を低減することが可能であることが分かった。しかし研磨圧力を低くすると研磨速度が

低下し、生産性が悪化するという問題が生じる。このため銅或いは銅合金の研磨の初期に於いては高研磨圧力で研磨し、一定の研磨速度を確保し、ディッシング特性に影響の大きい研磨終了前に研磨圧力を低下させることが有効である。このため低研磨圧力で連続研磨した場合と同様にディッシング量の低減が可能である。銅或いは銅合金の研磨圧力は初期においては19.6 KPa (200 gf/cm²)以上、49 KPa (500 gf/cm²)未満で行い、研磨が進行し銅或いは銅合金の残膜量が100 nm以下になった時点で9.8 KPa (100 gf/cm²)以上、19.6 KPa (200 gf/cm²)未満で行うことが好ましい。一方、固体砥粒入りの研磨液で継続して全ての銅或いは銅合金が研磨除去されるまで研磨すると、固体砥粒による研磨作用が大きいためバリヤメタルも研磨されてしまう。このバリヤメタルが一部研磨された状態で、バリヤメタル用の研磨液で2段目の研磨を行うと、バリヤメタルの下地層であるシリカ膜も研磨され、エロージョンと呼ばれる配線深さの小さい部分が生じ信頼性の低下が生じる。この傾向は特に配線密度が高い部分で顕著である。研磨圧力以外の研磨条件に制限はないが、定盤の回転速度は基板が飛び出さないように200 rpm以下の低回転が好ましい。研磨している間、研磨布には研磨液をポンプ等で連続的に供給する。この供給量に制限はないが、研磨布の表面が常に研磨液で覆われていることが好ましい。固体砥粒を含まない研磨液としては、スループットを向上させるため、銅及び銅合金の研磨速度が大きいことが望ましく、過酸化水素、リンゴ酸、ベンゾトリアゾール、ポリアクリル酸を含む研磨液であることが好ましい。本研磨液は固体砥粒を含まなくても200 nm/min以上の研磨速度が得られる。

【0013】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に説明する。本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

(基板の作製) シリコンウエハーにプラズマCVD法で酸化シリコン膜を800 nm形成し、フォトリソグラフィ法で幅100 μm、溝深さ800 nmの凹部からなる埋め込み配線形成部分と幅100 μmの凸部からなるスペース部を交互に形成したディッシング評価部と、幅4.5 μm、溝深さ800 nmの凹部からなる埋め込み配線部分と幅0.5 μmの凸部からなるスペース部を交互に形成したエロージョン評価部を形成した。次にスパッタ法でバリヤメタルとしてタンタル膜を50 nm形成し、続いてメッキ膜のシード層としてスパッタ法で銅を100 nm、メッキ法で銅を1400 nm形成し、凹凸を持つ絶縁膜上にタンタル、銅の2層膜をもつ半導体基板を作製した。

【0014】(研磨液の作製) DL-リンゴ酸(試薬特級) 0.15重量部に水70重量部を加えて溶解し、こ

れにベンゾトリアゾール0.2重量部、分子量15000のポリアクリル酸0.05重量部を加えた。最後に過酸化水素水(試薬特級、30重量%水溶液)33.2重量部を加えて得られたものを固体砥粒を含まない研磨液とした。

(研磨条件) 研磨布に独立気泡を持つ発泡ポリウレタン樹脂を使用し、研磨圧力: 29.4 KPa (300 gf/cm²)、基板と支持基体との相対速度: 36 m/min、研磨液流量: 100 ml/minで6分研磨を行い、続いて研磨圧力: 14.7 KPa (150 gf/cm²)に低下させて1分30秒間研磨を行い、銅膜を研磨した。

(研磨品の評価) CMP後の基板の目視および光学顕微鏡による表面観察および触針式段差計によるディッシング及びエロージョン量の評価を行った。目視及び光学顕微鏡により表面観察をその結果、銅残りなく完全に研磨されていることが分かった。触針式段差計でディッシング及びエロージョンを測定したところ、ディッシングは100/100 μmライン/スペース部で20 nm、エロージョンは4.5/0.5 μmライン/スペース部で10 nmであった。

【0015】(比較例1) 上記の実施例において研磨圧力を研磨圧力: 29.4 KPa (300 gf/cm²)で継続して7分研磨した以外は実施例と同様に銅膜を研磨した。目視及び光学顕微鏡による表面観察の結果、銅膜は残りなく完全に研磨されていることが分かった。触針式段差計でディッシング及びエロージョンを測定したところ、ディッシングは100/100 μmライン/スペース部で40 nm、エロージョンは4.5/0.5 μmライン/スペース部で10 nmであった。

【0016】(比較例2) 上記実施例において研磨液に珪酸ナトリウムのイオン交換法で作製した平均粒径80 nmのコロイダルシリカを4重量%添加したものを研磨圧力29.4 KPa (300 gf/cm²)で5分間研磨を行った以外は実施例と同様に銅膜の研磨を行った。目視及び光学顕微鏡による表面観察の結果、銅膜は残りなく完全に研磨されていることが分かった。触針式段差計でディッシング及びエロージョンを測定したところ、ディッシングは100/100 μmライン/スペース部で100 nm、エロージョンは4.5/0.5 μmライン/スペース部で110 nmであった。

【0017】本発明の研磨方法によれば、固体砥粒を含まない研磨液を使用することによりディッシングおよびエロージョンを低下させることが可能になる。また、研磨後半の研磨圧力を低下させることによりさらにディッシング量の低下が可能になり、信頼性の高い埋め込み配線形成が可能であることが分かる。

【0018】

【発明の効果】本発明の研磨方法は、銅或いは銅合金の研磨において固体砥粒を含まない研磨液を使用し、研磨

後半の研磨圧力を低下させることにより、ディッシング、エロージョンを生じることなく銅或いは銅合金層の

フロントページの続き

(72)発明者 内田 剛
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式
会社総合研究所内

均一な研磨を達成し、よって信頼性の高い埋め込み配線パターンを形成することができる。

(72)発明者 寺崎 裕樹
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式
会社総合研究所内

(72)発明者 五十嵐 明子
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式
会社総合研究所内

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**